

Zeitschrift: Mitteilungen / Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker
= Bulletin / Association des Actuaires Suisses = Bulletin / Association of
Swiss Actuaries

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker

Band: 61 (1961)

Artikel: Der Einsatz eines Rechenautomaten im Rahmen einer Universität

Autor: Nef, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-966727>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

B

Wissenschaftliche Mitteilungen

Der Einsatz eines Rechenautomaten im Rahmen einer Universität *

Von W. Nef, Bern

Zusammenfassung

Der Anwendungsbereich mathematischer Methoden hat in den letzten Jahren eine ungeahnte Ausdehnung erfahren. Dies hatte eine mehr als proportionale Vergrösserung der Nachfrage nach praktischen Möglichkeiten des numerischen Rechnens zur Folge. Die elektronischen Rechenautomaten sind daher heute ein machtvoll und unentbehrliches Hilfsmittel der wissenschaftlichen Forschung auf ganz verschiedenen Gebieten. Die Konsequenzen dieser Entwicklung für Unterricht und Forschung an einer Universität werden dargelegt und eine kurze Darstellung der Entstehungsgeschichte und der heutigen Organisation des Rechenzentrums an der Universität Bern gegeben. Ein Überblick über die wissenschaftlichen Probleme, die bisher von verschiedenen Instituten der Universität Bern mit Hilfe des Rechenautomaten bearbeitet wurden, zeigt die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten einer elektronischen Rechenmaschine in Ausbildung und Forschung.

Wenn ich mich entschlossen habe, Ihrem Präsidenten vorzuschlagen, anlässlich Ihrer heutigen Tagung über den Einsatz eines Rechenautomaten im Rahmen einer Universität zu sprechen, so wurde ich dazu durch verschiedene Gründe veranlasst. Vorerst einmal dachte ich an die eminente Rolle, die den elektronischen Rechenautomaten in Industrie, Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft schon heute zukommt, erst recht aber ihnen in der Zukunft zukommen wird. Man versuche einmal sich auszudenken, welches Chaos entstehen würde, wenn etwa in 20 Jahren eines Tages alle voraussichtlich in der Schweiz eingesetzten Rechenautomaten und Datenverarbeitungsanlagen während längerer Zeit stillstehen würden – ein Ereignis, dessen Wahrscheinlichkeit glücklicherweise verhältnismässig klein ist. In der Regel sind diese Automaten nun in Organisationen eingesetzt, in denen Akademiker an leitender und

* Vortrag, gehalten an der Jahresversammlung am 8. Oktober 1960 in Bern.

verantwortlicher Stelle stehen. Dies gilt in besonderem Masse für die Versicherungsgesellschaften. Damit erwächst den Hochschulen eine meines Erachtens ausserordentlich wichtige neue Ausbildungsaufgabe. Ein erheblicher Teil ihrer Schüler wird später in die Lage kommen, Rechenautomaten als Hilfsmittel zu benützen. Wenn sie auch üblicherweise persönlich nicht direkt mit diesen Maschinen arbeiten werden, muss man von ihnen doch verlangen, dass sie über deren Möglichkeiten und Eigenschaften gründlich orientiert sind.

Sodann sind die Rechenautomaten schon heute zu einem machtvollen Hilfsmittel der wissenschaftlichen Forschung auf verschiedenen Gebieten geworden. Auch in dieser Beziehung gehören Versicherungslehre und Statistik zu den bedeutendsten Konsumenten elektronischer Rechenkapazität. Aus diesen Gründen sagte ich mir, dass ein Überblick über unsere bisherigen Probleme und Erfahrungen für Sie von Interesse sein könnte. Dabei gedenke ich ganz spezifisch über die Entstehung, Organisation und Einsatz unseres Berner Rechenzentrums zu sprechen. Zwar ist natürlich manches an unserer heutigen Organisationsform durch die besonderen Verhältnisse einer kantonalen Universität bestimmt. Eine andere Hochschule, eine industrielle Unternehmung oder eine Versicherungsgesellschaft wird bei der Schaffung einer analogen Institution von andern Voraussetzungen auszugehen haben und deshalb auch andere Lösungen finden. Die grundlegenden Fragestellungen werden jedoch in allen Fällen dieselben sein und deshalb können unsere Erfahrungen vielleicht auch für den einen oder andern von Ihnen nützlich sein; um so mehr, als genau wie bei uns auch ein bei einer Versicherungsgesellschaft eingesetzter Rechenautomat in der Regel sowohl für typische Datenverarbeitungsaufgaben wie auch für Berechnungen wissenschaftlicher Natur eingesetzt werden muss.

Bevor ich nun auf diesen eigentlichen Gegenstand meines Referates eingehe, ist es nötig, dass ich einige allgemeine Überlegungen über die Rolle des numerischen Rechnens in den verschiedenen Wissenschaften anstelle.

Die engen Beziehungen, die zwischen der Mathematik auf der einen und den exakten Naturwissenschaften und der Technik auf der andern Seite bestehen, gehören zum grundlegendsten Bestand wissenschaftlicher Erkenntnis. Ohne diese ständige gegenseitige Befruchtung wären weder die Mathematik noch die Naturwissenschaften und die Technik entstanden. Bei näherem Zusehen erkennt man, dass die Anwendungen der

Mathematik etwa in den Naturwissenschaften zu zwei sehr verschiedenartigen Gruppen gehören. Auf der einen Seite ist der Wissenschaftler bestrebt, mit Hilfe der Mathematik die formalen, strukturmässigen Zusammenhänge in der Natur zu erkennen. Dieses Ziel ist am reinsten verwirklicht etwa in der klassischen Mechanik und Astronomie, der Elektrodynamik Maxwells, der Relativitätstheorie und vielleicht den elementaren Teilen der Quantenmechanik. Andererseits aber hat stets das Bedürfnis bestanden, auf Grund der einmal erkannten allgemeinen theoretischen Zusammenhänge Spezialfälle numerisch durchzurechnen; sei es zur Überprüfung allgemeiner Gesetze, zur Voraussage zukünftiger Ereignisse oder zum Zwecke der Realisierung technischer Konstruktionen. In den meisten Fällen sind die hier durchzuführenden numerischen Berechnungen sehr umfangreich. Man denke etwa an die gewaltige Rechenleistung der Astronomen seit dem 17. Jahrhundert bis heute.

Gleichzeitig mit der Entstehung der neuzeitlichen Mathematik und Naturwissenschaft zeigte sich deshalb das Bedürfnis nach Hilfsmitteln zur Erleichterung des numerischen Rechnens. So erfand und konstruierte Pascal 1642 die erste Additionsmaschine, nachdem Jost Bürgi bereits vor 1610 die erste Logarithmentafel berechnet hatte. Aber auch auf die mathematische Forschung selber hatte die Notwendigkeit zahlenmässiger Berechnungen einen grossen Einfluss, denn nur auf Grund dieser Notwendigkeit entstand das gerade heute wieder so aktuelle Gebiet der numerischen Analysis mit seinen bedeutenden Rückwirkungen auf die gesamte Mathematik.

Trotz hervorragenden numerischen Methoden und einfachen technischen Hilfsmitteln wie Rechenmaschinen, Rechenschiebern und Logarithmen blieben viele numerische Auswertungen ein äusserst umfangreiches Unternehmen. Musste doch nach wie vor der denkende und ordnende Verstand des Menschen eine grosse Zahl einzelner Elementaroperationen sinnvoll zusammenfügen. Könnte man auch diese Tätigkeit einer Maschine übertragen, so würde ein unermesslicher Fortschritt in den Möglichkeiten numerischen Rechnens die Folge sein. Auf dieser Erkenntnis beruhte der Plan des Engländers Charles Babbage, der bereits in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts ein Menschenleben daran setzte, einen Rechenautomaten zu konstruieren. Die Konstruktionspläne von Babbage sind bis heute erhalten geblieben und zeigen, dass ihr Schöpfer einen Automaten zu schaffen gedachte, der mit den heutigen elektronischen Maschinen in logischer Beziehung absolut gleich-

wertig gewesen wäre. Da Babbage für die Realisierung seiner Pläne auf rein mechanische Bestandteile angewiesen war, erwies sich diese als technisch unmöglich, so dass dieser geniale Mann nach einem lebenslangen vergeblichen Kampf sein Leben in Verbitterung beschliessen musste.

Erst in unserem Jahrhundert schufen die Ingenieure im Zusammenhang mit der modernen Nachrichtentechnik die elektromagnetischen und elektronischen Bauelemente, welche die erstmalige Realisierung von Babbages Plänen vor ungefähr 15 Jahren gestatteten. Die seitherige Entwicklung ist bekannt, so dass ich verzichten kann darauf einzugehen.

Um nun die Bedeutung würdigen zu können, welche den heutigen Rechenautomaten im Rahmen einer Universität zukommen kann, müssen wir uns über eine Entwicklung Rechenschaft ablegen, die wissenschaftsgeschichtlich betrachtet nach meiner Meinung von ganz ausserordentlicher Tragweite ist. Seit der Geburt der Wissenschaften im griechischen Altertum bis vor ganz kurzer Zeit, waren die uns bekannten Beziehungen zwischen der Geisteswissenschaft Mathematik und der Wirklichkeit, wie ich schon erwähnt habe, im wesentlichen auf die exakten Naturwissenschaften und die aus ihnen hervorgehende Technik beschränkt. Gegen das Ende des letzten Jahrhunderts setzte nun hier ein gewaltiger Expansionsprozess ein, indem ganz neue Wirklichkeitsgebiete der mathematischen Behandlung erschlossen wurden. Am Anfang dieses Prozesses steht Ihre Wissenschaft, die Versicherungsmathematik, die imstande ist, in einer grossartigen Zusammenfassung wirtschaftliche und biologische Vorgänge miteinander zu verknüpfen und so die wissenschaftlichen Grundlagen für das gesamte Versicherungswesen zu schaffen. Die mathematische Statistik sodann hat zu weiteren Teilen der Biologie, der Finanzwissenschaft und im übrigen auch den exakten Wissenschaften und der Technik neue Zugänge geöffnet. Heute sind wir Zeugen einer Entwicklung, die durch Herstellung von Analogien zwischen wirtschaftlichen Vorgängen und solcher der elektrischen Regelungstechnik die ersteren dem mathematischen Verständnis eröffnet. Die erst einige Jahre alte sogenannte lineare Programmierung mit ihren Erweiterungen erlaubt die mathematische Lösung vieler organisatorischer Probleme von der Betriebswissenschaft bis zum militärischen Bereich. Natürlich sind wir noch weit davon entfernt, etwa wirtschaftliche Probleme auf die gleiche vollkommene Art lösen zu können, wie etwa der Bauingenieur in der Lage ist, eine Brücke zu berechnen. Persönlich bin ich jedoch überzeugt, dass in letzter Zeit ein prinzipieller Durchbruch in

ein unermessliches Neuland geschehen ist, der in den kommenden Jahrzehnten erweitert und konsolidiert werden wird. Es handelt sich um ein wahrhaft revolutionäres Geschehen, und es besteht kein Grund zu zweifeln, dass in einer etwas fernerer Zukunft mit fortschreitender Klarheit der Erkenntnis zum Beispiel wirtschaftliche Vorgänge mit derselben Vollkommenheit mathematisch beherrscht werden können, wie heute etwa die meisten Probleme der Ingenieure.

Es entspricht nun vollständig dem Wesen dieser neuerschlossenen Gebiete, dass nicht nur die Erforschung der formalen theoretischen Zusammenhänge zum Ziel gesetzt wird, sondern mit beinahe noch grösserer Dringlichkeit die Berechnung numerischer Resultate. Schon dieser Umstand allein hat eine bedeutende Vergrößerung der Nachfrage nach Möglichkeiten numerischen Rechnens zur Folge – z.B. ist die Lösung eines Problems der linearen Programmierung im allgemeinen eine recht umfangreiche Angelegenheit. Dazu kommt aber, dass die Beschaffung der numerischen Unterlagen und ihre zweckmässige Bereitstellung wiederum ein arbeitsreicher Prozess vom Charakter der Datenverarbeitung sein kann, vor allem bei wirtschaftlichen Problemen. Während beispielsweise für die Berechnung eines Stahlträgers an Unterlagen lediglich einige Materialkonstanten, die Dimensionen des Trägers und die gewünschten Belastungen benötigt werden, muss man etwa zum Zwecke der Simulation der Vorgänge in einem bestimmten Wirtschaftszweig den Geschäftsgang vieler einschlägiger Unternehmungen während mehreren Jahren statistisch verarbeiten, um die benötigten zahlenmässigen Unterlagen zu erhalten.

Daraus folgt, dass die soeben skizzierte Ausdehnung des Anwendungsbereiches mathematischer Methoden eine mehr als nur proportionale Vergrößerung der Nachfrage nach praktischen Möglichkeiten des numerischen Rechnens zur Folge hat.

Welche Konsequenzen ergeben sich nun aus der dargelegten Entwicklung für den Unterricht und die Forschung an einer Universität?

Stellen wir vorerst einmal fest, dass die meisten Wissenschaften, in deren Rahmen numerisch gerechnet wird, an unseren Universitäten durch Lehre und Forschung vertreten sind. Ausgenommen sind nur die typischen Ingenieurwissenschaften, die bei uns den technischen Hochschulen vorbehalten sind. Auch hier beginnen sich jedoch die Grenzen zu verwischen; wir brauchen nur etwa an die Chemie, die Mineralogie, die Elektronik oder die Reaktorphysik zu denken.

Eine grosse Zahl unserer Hochschulinstitute steht also im Hinblick auf die wissenschaftliche Forschung vor der Situation, dass für viele Probleme machtvolle numerische Methoden existieren, die aber nur mit Hilfe eines leistungsfähigen Rechenautomaten ausgenützt werden können, da für eine Rechnung von Hand weder Zeit noch (besonders heute) Personal zur Verfügung steht. Dass ein lebhaftes Bedürfnis in dieser Hinsicht vorhanden ist, geht aus der für uns sehr erfreulichen Tatsache hervor, dass von total 13 Instituten der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät bisher deren 11 unsere Rechenanlage zu Forschungszwecken benützt haben, und zwar zum grössten Teil sehr intensiv. Ausserdem gehört das betriebswirtschaftliche Institut zu den Benützern.

Durch diese Überlegung ist, wie ich glaube, der Einsatz eines Rechenautomaten an einer Universität nicht nur gerechtfertigt, sondern als Notwendigkeit begründet. Lassen Sie mich nun zu einer kurzen Darstellung der Entstehungsgeschichte und der heutigen Organisation unseres Rechenzentrums übergehen. Wie ich schon erwähnt habe, werden sich bei der Gründung eines Rechenzentrums oder einer Datenverarbeitungsorganisation in der Industrie oder Verwaltung im wesentlichen dieselben Probleme stellen.

Die ersten Gespräche über die Beschaffung einer grösseren Rechenanlage fanden vor etwa fünf Jahren zwischen zwei Ihrer Mitglieder, den Herren Alder und Wegmüller, und dem Sprechenden statt. In Anbetracht der bereits geschilderten und schon damals in Entwicklung befindlichen Situation waren wir uns bald darüber einig, dass eine solche Beschaffung angestrebt werden müsse. Wir mussten aber auch realisieren, dass den Behörden des Kantons Bern nicht ohne weiteres zugemutet werden konnte, einem einzelnen neu zu gründenden Institut die benötigten recht erheblichen Kredite zur Verfügung zu stellen. Es hat sich damals als glückliche Fügung gezeigt und seither als solche bestätigt, dass zur gleichen Zeit der Vorsteher des kantonalen Personalamtes sich mit dem Gedanken beschäftigte, die Belange des personellen Rechnungswesens in Zukunft mit Hilfe einer Lochkartenanlage zu bearbeiten. Wir beschlossen, unsere Anstrengungen zusammenzufassen und unsere Ziele durch die Beschaffung einer gemeinsamen Anlage zu erreichen. Dank dem grossen Verständnis von Fakultät, Regierung und Grosse Rat konnten die nötigen Kredite bereitgestellt werden. Natürlich gab es noch einige Hindernisse zu überwinden, wobei einer der schwerwiegendsten Einwände gegen unsere Pläne im Hinweis darauf bestand, dass durch alle

Berechnungen, die an der Universität Bern ausgeführt würden, eine derart leistungsfähige Rechenmaschine kaum einige Stunden pro Monat beschäftigt werden könnte. Ich bin versucht, in Anbetracht dieses Argumentes den damaligen Zustand als zu einer guten alten Zeit gehörig zu betrachten – ist es doch heute unsere grösste Sorge, bei zeitweise ununterbrochenem 24-Stundenbetrieb die Maschine noch weiteren Interessenten zur Verfügung stellen zu können.

Die geplante Zusammenarbeit zwischen kantonalem Personalamt und Hochschule hatte besondere Probleme im Hinblick auf die Typenwahl zur Folge. Für die typischen Datenverarbeitungsprobleme des Besoldungswesens wurde eine Maschine benötigt, die vor allem eine bedeutende Eingabe- und Ausgabeleistung aufwies. Bei den meisten wissenschaftlichen Problemen ist hingegen das Hauptgewicht auf eine bedeutende Speicherkapazität, hohe Rechengeschwindigkeit und Einfachheit der Programmierung zu legen. Die Vereinigung dieser beiderseitigen Forderungen hatte zur Folge, dass von den damals erhältlichen Maschinen zum vornherein nur ganz wenige Typen in Frage kamen. Dass wir uns für den Typ Gamma 3b mit Magnettrommelspeicher der Firma Bull entschlossen, beruhte vor allem auf dessen bedeutender Speicherkapazität und dem sehr einfach zu lernenden und zu gebrauchenden Programmierungssystem AP 2. Herr Kollege Wegmüller wird auf diese Eigenschaften zurückkommen.

Wir erhielten die gesamte Anlage genau vor zwei Jahren. Die dringendste Aufgabe, die sich nun stellte, war die Ausbildung genügend vieler Mitarbeiter für die Benützung dieser Maschine. Zwar verfügt das Institut für angewandte Mathematik, dem die organisatorischen Belange übertragen sind, über einen Oberassistenten und zwei Hilfsassistenten. Selbstverständlich wären aber diese Herren niemals in der Lage, dem Rechenautomaten Arbeit in genügendem Umfang bereitzustellen; ganz abgesehen davon, dass die eigentliche Aufgabe des Instituts eine wissenschaftliche ist und nicht im routinemässigen Betrieb einer Maschine bestehen kann. Es wurde deshalb vorerst eine Vorlesung über die Programmierung von Rechenautomaten veranstaltet, die einem grossen Interesse begegnete und deshalb vielen Studierenden der Mathematik, Naturwissenschaften und Betriebswirtschaftslehre als erste Ausbildung auf diesem Gebiet diente. Ferner wurden aus den interessierten Instituten geeignete Mitarbeiter ausgewählt und in einem Praktikum für die selbständige Bedienung der Maschine ausgebildet. Da dieses Praktikum

während zwei Semestern mit je zwei Gruppen zu 8 Mann durchgeführt wurde, verfügten wir innert kurzer Zeit über 32 Mitarbeiter, die fähig waren, dieses neue Instrument der Forschung für ihre Institute nutzbringend zu verwenden.

Natürlich müssen wir jetzt für den nötigen Nachwuchs sorgen. Es wurde deshalb vor kurzem ein besonderes Lektorat für diese Belange geschaffen und unserem Mitarbeiter Dr. Hüsler übertragen. Herr Hüsler wird Vorlesung und Praktikum im kommenden Semester und dann voraussichtlich etwa alle zwei Jahre wiederholen.

Aus dem Gesagten geht bereits hervor, dass wir den ganzen Betrieb so organisiert haben, dass jeder Interessent sein Problem inklusive Programmierung und Durchführung auf der Maschine selbständig bearbeitet. Prinzipiell könnte man sich auch andere Lösungen vorstellen, etwa so, dass besondere Programmierer vorhanden wären oder, etwas weniger extrem, wenigstens eine ständige Equipe für die Bedienung der Rechanlage. Eine solche Lösung wäre der unsrigen im Falle eines noch grösseren Betriebes wahrscheinlich vorzuziehen. In unseren Verhältnissen haben wir jedoch mit unserer Organisation im grossen ganzen gute Erfahrungen gemacht. Voraussetzung für ihre Zweckmässigkeit ist allerdings ein einfaches Programmierungssystem, denn es geht nicht an, dass die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Institute zu Programmierern degradiert werden. Ist aber eine einfache Programmierungsmöglichkeit vorhanden, so wird der Zeitaufwand für diese Arbeit im allgemeinen nicht höher sein als die Zeit, die nötig wäre, um einem eigentlichen Programmierer den beabsichtigten Rechenprozess in allen Details zu erklären.

Dieselbe Regelung gilt im wesentlichen auch für die Arbeiten des Personalamtes und die auswärtigen Benützer. Beim Personalamt werden allerdings die Programme, von denen Sie eines anlässlich der Demonstration von heute nachmittag sehen werden, von der Lieferfirma erstellt. Hingegen wird die Rechanlage durch eigenes Personal bedient. Bei den recht zahlreichen auswärtigen Benützern streben wir ebenfalls an, dass sie ihre Probleme selbständig bearbeiten können, so dass wir ihnen lediglich die benötigte Maschinenzeit zur Verfügung stellen müssen. Dies liess sich allerdings in einigen Fällen nicht verwirklichen, wo die betreffenden Interessenten nicht über entsprechend ausgebildetes Personal verfügten. Im Sinne einer Zwischenlösung wurden hier jeweils Mitarbeiter des Instituts eingesetzt. Da sich hierdurch jedoch schnell einmal eine unerwünschte Überbelastung ergibt, werden wir in naher Zukunft an die

Schaffung einer besonderen, selbständigen Organisation denken müssen, die sich solcher Aufträge annehmen kann. Keinesfalls möchten wir auf diese Art des Einsatzes unserer Rechenanlage verzichten, da sich durch den Kontakt mit Problemen aus der Praxis immer wieder äusserst wertvolle Anregungen für wissenschaftliche Untersuchungen ergeben, ganz abgesehen von der damit verbundenen Verringerung der effektiven Kosten des Rechenzentrums.

Ich möchte nun versuchen, Ihnen einen kleinen Überblick über die wissenschaftlichen Probleme zu vermitteln, die bisher von verschiedenen Instituten unserer Universität mit Hilfe dieses Rechenautomaten bearbeitet worden sind. Es ist nicht möglich, in der kurzen Zeit alle Arbeiten zu erwähnen; statt dessen werde ich versuchen, einige typische Vertreter aus verschiedenen Fachgebieten auszuwählen. Dabei verzichte ich bewusst auf die Versicherungslehre und Statistik, weil Sie einige statistische Probleme bei den Demonstrationen des Nachmittags sehen werden. Immerhin möchte ich *eine* grossangelegte Arbeit nicht unerwähnt lassen, nämlich eine statistische Untersuchung der Bernischen Abstimmungsergebnisse in den letzten 35 Jahren, die unter der Leitung von Herrn Wegmüller durchgeführt worden ist und durch das Kantonale Statistische Amt demnächst publiziert werden wird.

Zuerst möchte ich zwei Arbeiten des physikalischen Instituts erwähnen. Dieses unterhält im Forschungsinstitut auf dem Jungfrauoch eine Apparatur zur Messung der sogenannten Nukleonenkomponente der kosmischen Strahlung. Ziel der Untersuchung ist die Abklärung von Zusammenhängen zwischen der Intensität dieser Nukleonenkomponente und der Intensität von elektromagnetischen Wellen kosmischen Ursprungs. Die Arbeit am Rechenautomaten besteht in diesem Falle in einer statistischen Auswertung der auf dem Jungfrauoch stündlich abgelesenen und auf Lochkarten übertragenen Daten. Verschiedene Mittelwerte und Streuungen, Korrelations- und Regressionskoeffizienten sowie die im Intensitätsverlauf enthaltenen Periodizitäten werden untersucht. Ich erwähne das Beispiel als typischen Vertreter eines naturwissenschaftlichen Datenverarbeitungsproblems, bei dem ein grosses Zahlenmaterial verarbeitet werden muss. Es handelt sich hier um eine Untersuchung, die ohne einen Rechenautomaten in Anbetracht dieses grossen Zahlenmaterials ganz unmöglich bewältigt werden könnte. Der Rechenautomat ermöglicht damit erst die sinnvolle Ausnützung anderer Forschungsinstrumente, in diesem Falle eben der Messapparatur auf dem Jungfrauoch.

Die zweite physikalische Arbeit betrifft das Studium des Zerfalls von Hyperfragmenten in Photoplatten. Hier handelt es sich um ein Programm, bei dem verhältnismässig wenig gerechnet, dafür viel mehr nach logischen Gesichtspunkten sortiert und ausgewählt wird. Die Fähigkeit zu derartigen Operationen ist wohl am ehesten dafür verantwortlich, dass die Rechenautomaten gelegentlich als «Denkmaschinen» bezeichnet worden sind.

Beim Einfall kosmischer Strahlung in die Emulsion einer photographischen Platte entstehen energetisch angeregte Atomkerne, eben sogenannte Hyperfragmente, die wegen ihrer geringen Stabilität nach kurzer Zeit in der Emulsion zerfallen. Die dabei auftretenden Kernreaktionen sind von grosser Mannigfaltigkeit, und viele Ergebnisse der Kernphysik basieren auf der Untersuchung solcher Reaktionen. Um sich Ereignisse dieser Art in genügender Zahl zu verschaffen, bringt man photographische Platten mit Ballonen, Flugzeugen oder Raketen in grosse Höhen, wo die kosmische Strahlung intensiv ist.

Beim Zerfall eines Hyperfragments entstehen teils geladene Teilchen, vor allem kleine Atomkerne, z. T. ungeladene Neutronen und Mesonen. Die geladenen Teilchen hinterlassen in der Emulsion Spuren, die mit dem Mikroskop beobachtet und bezüglich Länge und Richtung ausgemessen werden können. Aus diesen Längen und Richtungen können sodann Energie und Impuls dieser Teilchen bestimmt werden, allerdings nicht mit sehr grosser Präzision. Die Aufgabe besteht nun darin, aus diesen Spuren auf die Art des zerfallenen Hyperfragments und die Natur der entstandenen Teilchen zu schliessen. Da man wegen den grossen Geschwindigkeiten der Teilchen die relativistischen Effekte berücksichtigen muss, ist das entsprechende mathematische Problem leider nicht linear; sonst könnte man es mit Hilfe der ganzzahligen linearen Programmierung in geschlossener Form lösen. Die Nichtlinearität hat zur Folge, dass keine geschlossene Lösungsmethode existiert. Man ist deshalb darauf angewiesen, einfach alle möglichen Fälle durchzuprobieren. Macht man über die Natur der entstandenen Teilchen irgendeine Annahme, so kann deren Richtigkeit auf Grund der Bilanzen von Masse, Ladung, Energie und Impuls überprüft werden. Könnte man diese Grössen genau messen, so müsste man beim Durchprobieren aller möglichen Teilchenkombinationen die richtige finden — wenigstens solange nur eine neutrale Partikel entsteht. Leider sind nun eben die Messungen von Energie und Impuls nicht allzu genau, so dass die Verarbeitung mit der

Maschine in der Regel mehrere mögliche Kombinationen ergibt. Aus diesen kann dann der Physiker auf Grund weiterer Indizien evtl. die richtige herausfinden. Das Wesentliche ist hier die Reduktion der Zahl der Möglichkeiten auf ein überblickbares Mass. So wurde kürzlich ein solcher Zerfall durchgerechnet, bei dem aus über 2000 Fällen alle bis auf 20 als bilanzmässig unmöglich ausgeschieden wurden. Unser Rechenautomat benötigte für diese Arbeit rund 4 Stunden.

Auch hier handelt es sich um ein neues Tätigkeitsfeld unseres physikalischen Instituts, das ohne eine leistungsfähige Rechananlage nicht hätte aufgenommen werden können.

Das nächste Beispiel stammt aus der Pflanzensoziologie. Ich habe es ausgewählt, um damit das Interesse auch der biologischen Fächer zu belegen. Das Beispiel betrifft die Feststellung von gegenseitigen Abhängigkeiten im Vorkommen verschiedener Pflanzenarten. Es ist auch deshalb interessant, weil das Programm selbständig von einem Botanikstudenten erstellt worden ist. Es zeigt deshalb, dass die Arbeit mit einem Rechenautomaten keine besondere über die Kenntnisse eines Maturanden hinausgehende mathematische Ausbildung voraussetzt. Notwendig ist jedoch die Fähigkeit, die Struktur des jeweiligen Problems mit genügender Klarheit in ihren abstrakten Zusammenhängen zu erkennen und diese Struktur mit Hilfe der elementaren Operationen, deren die Maschine fähig ist, nachzubilden.

Bei dieser botanischen Untersuchung wurden an verschiedenen Orten in der ganzen Schweiz Parzellen von der Grösse einiger dm^2 ausgewählt und für jede derselben alle in ihr vorkommenden Arten bestimmt. Für jede Art wird dann eine Lochkarte erstellt, in welche die Nummern aller Parzellen gelocht sind, in denen sie vorkommt. Diese Karten werden von der Maschine gelesen und in ihrem Speicher registriert. Nun bildet die Maschine der Reihe nach alle Paare von je 2 Arten und stellt fest, in wie viel % derjenigen Parzellen, in denen die eine Art vorkommt, auch die andere Art vorhanden ist. Als Resultat wird eine Tabelle gedruckt, in der diese %-Zahlen in Form einer Matrix angeordnet sind. Die vom Standpunkt der mathematischen Statistik verhältnismässig anspruchslose Methode beruht darauf, dass sich der betreffende Sachbearbeiter zuerst einen groben Überblick über die Verhältnisse verschaffen wollte, um darauf gestützt die Untersuchung mit feineren statistischen Methoden weiterzuführen.

Bei diesem Beispiel war die Speicherkapazität unserer Maschine von grösster Bedeutung, da vor dem Beginn der eigentlichen Auswertung das gesamte Datenmaterial gespeichert werden muss. Es ist vielleicht auch nützlich sich zu vergegenwärtigen, dass die Maschine bei Berücksichtigung von 200 Arten und 200 Parzellen rund 4 000 000 einzelne Fälle durchzumustern hat, wie man leicht nachrechnet. Auch hier handelt es sich demnach um eine wissenschaftliche Untersuchung, die ohne dieses Hilfsmittel nicht hätte durchgeführt werden können.

Das folgende Beispiel stammt aus der Kristallographie bzw. Chemie und wird mir erlauben, die wichtige Rolle einer sogenannten Programmbibliothek zu erläutern, d.h. einer Sammlung von Programmen für Rechenoperationen, die oft vorkommen. Wenn Röntgenlicht auf einen Kristall fällt, so wird es durch die in demselben verteilten elektrischen Ladungen entsprechend der Gitterstruktur des Kristalls gebeugt. Aus der räumlichen Intensitätsverteilung des gebeugten Lichtes kann nun umgekehrt auf die Struktur des Kristalls geschlossen werden. Diese Methode ist wohl die wichtigste für die Bestimmung von Kristallstrukturen und neuerdings auch für den Aufbau komplizierter Moleküle. Mathematisch führt das Problem auf eine sogenannte Fouriersynthese, d.h. auf die Berechnung einer Reihe von der Form

$$\varrho(x,y,z) = \sum_h \sum_k \sum_l F_{hkl} \cos\left(hx \frac{2\pi}{n}\right) \sin\left(ky \frac{2\pi}{n}\right) \cos\left(lz \frac{2\pi}{n}\right)$$

in einem einfachen Fall.

Dabei stammen die Koeffizienten F_{hkl} aus den Intensitätsmessungen und $\varrho(x,y,z)$ ist die gesuchte Verteilung der Elektronendichte im Kristall als Funktion der räumlichen Koordinaten x,y,z . Formelmässig handelt es sich demnach um ein recht einfaches Problem. Nehmen wir aber einmal an, dass die Indices h,k,l je 32 Werte durchlaufen, und dass die Summe für ebenfalls je 32 Werte von x,y,z auszuwerten ist, so ergeben sich 32^6 oder mehr als 10^9 trigonometrische Produkte, die zu addieren sind. Das wäre auch für eine sehr schnell rechnende Maschine ein schwerer Brocken. Glücklicherweise kann die Formel auf eine etwas andere Gestalt gebracht werden. Ich will sie einmal, indem ich der Einfachheit wegen zugleich vom 3- zum 2-dimensionalen übergehe, etwas ungewohnt schreiben:

$$\varrho(x,y) = \sum_h \sum_k \left(\cos \frac{2\pi}{n} \right)_{xh} F_{hk} \left(\sin \frac{2\pi}{n} \right)_{ky} . \quad (1)$$

Angesichts dieser Formel erinnert sich der Mathematiker sofort an die Matrizenmultiplikation. Lassen Sie uns die folgenden Matrizen einführen:

$$\begin{aligned} F &= (F_{hk}), \\ C &= (c_{hx}), \quad \text{wo} \quad c_{xh} = \cos\left(hx \frac{2\pi}{n}\right), \\ S &= (s_{ky}), \quad \text{wo} \quad s_{ky} = \sin\left(ky \frac{2\pi}{n}\right), \\ R &= (r_{xy}), \quad \text{wo} \quad r_{xy} = \varrho(x, y) \quad \text{ist.} \end{aligned} \tag{2}$$

Die Gleichung (1) kann dann wie folgt geschrieben werden:

$$R = CFS. \tag{3}$$

Es ist also möglich, das Problem auf Matrizenoperationen zurückzuführen, was auch für die komplizierteren Fälle gilt. Diese Erkenntnis war nun für die praktische Realisierung äusserst wichtig. Wegen der besonderen internen Organisation unserer Maschine wäre es nämlich sehr zeitraubend gewesen, ein so schnell wie möglich ablaufendes Programm für die Matrizenmultiplikation zu schreiben. Gerade auf äusserste Ausnutzung der maximalen Rechengeschwindigkeit kam es jedoch hier in erster Linie an. Nun sind aber in unserer Programmbibliothek optimale Programme für alle üblichen Matrizenoperationen bereits vorhanden. Auch für die Berechnung trigonometrischer Funktionen besitzen wir natürlich fertige Programme. Der Arbeitsablauf geht nun also wie folgt vor sich:

Zuerst werden die Werte $\sin\left(hx \frac{2\pi}{n}\right)$ und $\cos\left(ky \frac{2\pi}{n}\right)$ berechnet und im Speicher matrizenförmig angeordnet. Hernach liest man die Koeffizienten F_{hk} und ordnet sie ebenfalls im Speicher in der Form einer Matrix an. Dann wird gemäss (3) die Matrix R durch zwei Matrizenmultiplikationen berechnet und ihre Elemente, nämlich die gesuchten Grössen $\varrho(x, y)$ herausgeschrieben.

Da bei dieser Methode stets eine grössere Zahl von Matrizen gleichzeitig gespeichert werden muss, ist ein Speicher von nicht zu kleiner Kapazität eine notwendige Voraussetzung für ihre Verwendung.

Das letzte Beispiel, das ich nur noch erwähnen möchte, ist ein Spiel der Unternehmensführung (besser bekannt unter dem englischen

Namen Management game), das von der Firma Bull speziell für den Elektronenrechner Gamma 3b entwickelt worden ist. Es handelt sich dabei um eine simulierte Führung fiktiver Unternehmungen, an der mehrere Gruppen teilnehmen können. Diese «Führungsteams» fällen Entscheide über Produktion, Verkauf, Finanzierung etc. Die Rechenmaschine errechnet daraus in kürzester Zeit die sich ergebenden Konsequenzen in bezug auf Gewinn, Marktstellung u. a. m. Auf diese Weise kann eine Geschäftsführung, die sich in der Wirklichkeit über mehrere Jahre erstrecken würde, an einem einzigen Tag durchgespielt werden, wobei den Spielern die Problematik des Entscheids unter den Bedingungen der unsicheren Erwartungen recht deutlich bewusst wird. Nachdem dieses Modell bereits mehrmals probeweise mit Fachleuten aus der Praxis durchgeübt worden ist, besteht die Absicht, es in Zukunft in die Ausbildung der Nationalökonomien und Betriebswirtschaftler einzubauen.

Mit diesen Beispielen hoffe ich, Ihnen einen Einblick in die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten einer elektronischen Rechenmaschine in Ausbildung und Forschung an einer Universität gegeben zu haben. Der aus der gemeinsamen Verwendung eines solchen Instrumentes sich ergebende vermehrte Kontakt zwischen verschiedenen, sonst weitgehend getrennt marschierenden Fachrichtungen ist meines Erachtens der grösste Gewinn. Damit leistet eine solche Maschine, so absurd das an sich tönen mag, neben ihrer Mithilfe bei einzelnen Forschungsaufgaben auch einen wesentlichen Beitrag an die Lösung eines der grössten Probleme unserer Hochschulen, nämlich der Überwindung der Isolation einzelner Fachgebiete als Folge der an sich nicht zu vermeidenden Spezialisierung.

Résumé

L'application de méthodes mathématiques s'est sensiblement développée ces dernières années et les demandes d'utilisation pratique du calcul numérique ont augmenté dans une proportion plus forte encore. Les machines électroniques sont devenues aujourd'hui un auxiliaire puissant et indispensable pour les recherches scientifiques dans différents domaines. Dans le présent travail, l'auteur présente les conséquences de ce développement pour l'enseignement et pour la recherche dans une université et il fait brièvement l'historique de l'évolution et de l'organisation actuelle du centre de calculs de l'Université de Berne. Un aperçu des problèmes scientifiques élaborés jusqu'ici dans les différents Instituts de l'Université de Berne, à l'aide des machines électroniques, fait ressortir la diversité des possibilités d'emploi de ces machines dans la recherche et dans la formation des étudiants.

Summary

The range of application of mathematical methods has extended considerably during the last years. Consequently, the request for practical methods of numerical computations has increased more than proportionally. To-day, the electronical computers are therefore a powerful and indispensable help for scientific researches in various fields. In the present work the author explains the consequences of this development for tuition and research on the university level and describes briefly the evolution and the present organisation of the computing center of the University of Berne. A general view of the scientific problems solved till now by different Institutes of the University of Berne shows the great variety of possibilities where an electronical computer can be used in research and training of students.

Riassunto

L'applicazione di metodi matematici ha assunto negli ultimi anni uno sviluppo considerevole. Di conseguenza, le richieste di possibilità pratiche del calcolo numerico registrarono un aumento più che proporzionale. Le calcolatrici elettroniche sono oggi perciò un aiuto potente ed indispensabile per le ricerche scientifiche in diversi campi. L'autor spiega in questo lavoro le conseguenze di questa sviluppo per l'insegnamento e per la ricerca in una università e descrive brevemente l'evoluzione e l'organizzazione odierna del centro di calcolo dell'Università di Berna. Una visione dei problemi scientifici elaborati finora in diversi Istituti dell'Università di Berna con l'aiuto di calcolatrici elettroniche, mostra la varietà delle possibilità d'impiego di queste calcolatrici per la ricerca e per la formazione degli studenti.

